

도로 포장구조체의 제설 특성에 관한 실험적 연구(1)

The experimental study for the characteristics of
snow removal on the Pavement structure (1)

조병완*
Jo, Byung-Wan

황정영**
Hwang, Jung-Young

태기호**
Tae, Ki-Ho

Abstract

In Korea, the temperature of winter seasons are really severe and cause lot's of snow-falling and iceing in the pavements. Several de-iceing method have generally been adopted to melt the ice on the surface of pavement. Therefore, The Study of experimental in the first stage was given to the verification of the icers's effects. First, Contrete and asphalt pavement specimens were made and scattered with a CaCl_2 -deicers, then 3cm and 5cm thickness of artificial snow were prepared on the surface of specimens. It reveals that the early calorification due to de-icers as high as the temperature of laboratory increases within about 10 minutes and last for more then 2 hours and the test of ice-formation on the surface of contrete and asphalt specimen due to snow leads to the similar rate of freezing time, about 20 minutes. Second, three kinds of de-icers, such as CaCl_2 , $\text{CaCl}_2+\text{NaCl}$, CaCl Flaket are tested in the snowy highway to check the iceing-resistance. The CaCl_2 is proved to be the most effective de-icers so far.

1. 서론

도로는 사회기반시설(infrastructure) 중 가장 중요한 시설로서, 산업과 경제 그리고 레저의 중추적 역할을 담당하는 국가 대동맥이라 할 수 있다. 이러한 도로의 건설과 관리는 교통 수송 이외에도, 지역 사회 개발의 촉진 및 건설 기술의 수준 향상에 이르기까지 국가 산업 전반에 걸쳐 큰 영향을 미치

* 정희원, 청주대 대학원, 석사과정

** 정희원, 청주대 대학원, 박사과정

고 있다.

따라서 도로의 life cycle 전기간에 걸쳐, 합리적인 유지관리를 위한 연구가 여러 분야에서 진행되고 있으며, 이 중에서 우리나라의 겨울철 온도 특성에 따른 동결, 융해와 강설(snow)시 제설, 제빙제의 사용은 자동차의 부식과 도로포장의 구조적 손상, 교량 상판의 염해, 2차적으로 주변 토양의 환경오염 등과 같은 심각한 피해를 야기시키고 있다. 우리 모두가 경험한 바와 같이 겨울철의 결빙과 강설은 포장 노면의 피막으로 마찰저항이 감소되어 운전자의 불안과 함께 대규모 교통대란이 일어나고 있다. 따라서 겨울철 결빙 및 강설의 피해를 예방하기 위하여 모래 및 염화물 살포와 같은 원시적인 방법이 국제적으로 계속 사용되고 있지만 염화물은 도로 포장체의 내구성 및 토양·수질 오염 등을 유발시키는 단점이 있다.

따라서 각종 조건에서 염화물의 작용기구를 파악하는 것이 동계 포장 유지관리의 효율성을 극대화 하는데 우선적으로 요구된다. 우리나라 고속도로상의 겨울철 제설·제빙 작업에 20억원이 1년에 사용되어지고 있다. 고속도로의 경제적이고 효율적인 방법 역시 강구 되어야 한다.

그래서, 본 연구는 고속도로 포장체에 사용 되어지는 염화물의 작용기구에 대한 이론적 연구 및 실내 실험을 통한 기본적인 제설 특성을 분석하고, 가장 합리적인 제설 방법을 도출하기 위하여 현장 실험과 실내 실험을 비교 분석하여 제설·제빙시 효율을 극대화 하고, 구조물에 화학손상을 최소화 하기 위한 환경친화형 대체 염화물의 개발에 있다.

본 연구(1차년도)에서는 콘크리트포장과 아스팔트포장의 제설 작용 및 문제점 등을 선진외국의 사례와 우리나라에서 현재 행하여지고 있는 제설 방법을 연구하였고 실내·현장실험을 통해 각 포장체의 효과와 각종 염화물의 효과를 비교 연구하였다.

2. 연구 목적 및 동향

20세기 후반에 들어서 석유자원의 고갈위험과 대체자원의 필요성 연구에 의하여 기존의 아스팔트 포장을 대신해 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장은 세계 여러나라의 호응을 얻었고, 우리나라에서도 산업도로의 동맥인 중부고속도로, 88올림픽고속도로를 비롯하여 기존의 아스팔트 포장인 경부고속도로의 일부 구간에서 콘크리트 포장으로 대체하는 등 콘크리트 포장의 이용 가능성은 섬유보강 콘크리트(Fiber Reinforced Concrete)의 발전과 함께 더욱 커질 예정이다.

그러나 콘크리트 포장체는 적설·결빙에 의해 교통사고의 위험성 증대와 염화물 살포로 인한 수질, 토양 및 환경오염으로 인하여 사회문제로 대두되었다. 선진 외국 여러나라들도 문제의 심각성을 인식, 일찍부터 이 분야에 관심을 기울인바 어느정도의 성과 및 대책을 가지고 있지만 국내의 실정은 관심부족과 미미한 연구로, 비과학적이고 비효율적(비경제적)이며 인력에 크게 의존하는 상태이다.⁽¹⁾

외국에서는 사용 염화물로 주로 NaCl(저렴한 가격)을 사용하며 강교량 같은 특수 구조물에서는 CMA(Calcium Magnesium Acetate)를 사용하는 등 구조물의 피해를 최소화⁽²⁾ 하고 있고 염화물의 살포기준을 엄격히 제한하여 수질 및 토양보호⁽³⁾를 하며 겨울철 포장관리전문연구소를 설립하여 과학적으로 대처하고 있다⁽⁴⁾. 우리나라도 경제적이면서 효율적인 동계도로 관리 시스템을 구축하여 우리나라의 실정과 환경에 적합한 염화물의 선정과 이용 가능한 대체 염화물의 개발, 합리적인 유지관리가 시급하다 하겠다.

3. 실내 실험

3.1 실험개요

본 실내실험은 국내의 표준화된 실험방법이나 실험자재들이 미비한 관계로 콘크리트와 아스팔트 포장의 시편을 자체 제작하여 여러 문헌을 참조하여 실시 하였다. 그리고 사용 염화물은 우리나라 현장에서 주로 쓰이는 CaCl_2 를 사용하여 적설시와 결빙시의 염화물의 효과를 분석하였으며 현장실험을 대비하여 여러 변수 및 상황을 설정하여 수행하였다.

3.2 배합

콘크리트 시편 및 아스팔트 시편은 라벨링 실험 공시체 규격으로 제작하였다. 배합은 표 1 에서와 같으며 콘크리트 시편의 물-시멘트 비는 45%로 하였다.

압축강도 (kg/cm ²)	굵은골재 최대치수(mm)	슬럼프 (cm)	단위수량 (ℓ)	시멘트량 (kg)	W/C(%)	S/A(%)	AE제(%)	잔골재량 (kg)	굵은 골재량 (kg)
280	25	6	6	13.2	45	38	5	24	40

19~13mm	13~8mm	8mm 이하	모래	석분	AP
25%	20%	34%	14%	7%	

표 1 Mix proportion of Concrete and Asphalt Pavement

3.3 공시체 제작 및 양생

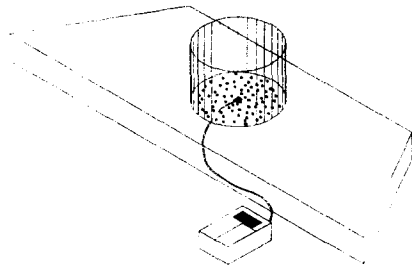
- (1) 콘크리트 포장공시체는 특수제작한 몰드를 이용하여 라벨링 시험편(사다리꼴 30×50×H24×T7)과 같은 규격으로 제작하였다. 그리고 아스팔트 포장공시체는 아스팔트를 160℃에서 녹인 후 사용하였고 라벨링 시험편 만능시험기를 이용하여 20t의 하중을 5분여 동안 서서히 가압하여 공시체로 제작하였다.
- (2) 양생은 고속도로상의 포장체와 가장 비슷한 방법을 선택하였으며, 콘크리트 포장 공시체는 습윤양생을 7일간 실시하였다.

3.4 실험

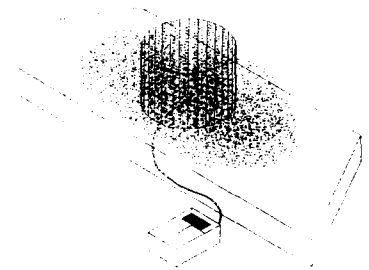
- (1) 습도는 영동고속도로상 3곳의 강설시 평균습도를 유지하였다
- (2) 온도의 변화는 -3℃, -7℃, -12℃에서 각각 실시하였으며 라벨링 회전항온실 내에서 실험하였다.
- (3) 염화물은 국내회사에서 제조한 염화칼슘을 이용하였다.
- (4) 적설량은 3cm 와 5cm로 나누어 실시하였다. 그리고 적설 직후 10분 간격으로 6~8회, 1~3시간 측정하였다.
- (5) 염화물이 가장 활발한 반응을 일으키기 위해 적설 및 결빙 실험전 1시간 30분 전에 공시체에 미리 염화물을 살포하였다.

(6) 결빙실험은 10cc의 물을 스프레이를 이용하여, 각 공시체에 똑같이 뿌려 실시했다.

(7) 염화물, 물, 인공눈을 각각의 공시체에 같은 상황을 연출하기 위해 원통 아크릴을 제작하여 사용하였다.(그림 1 참조)



(a) 준비 단계



(b) 준실시 단계

그림 1 실험 과정

3.5 결과 및 고찰

(1) 제설실험에 의해 나타난 결과는 그림 2와 같다. 그림 2의 (a)는 단위시간마다 측정된 온도의 변화이며 (b)는 단위시간마다 온도의 증감만을 나타낸 것이며 (c)는 온도의 증감을 누적한 것이다. 초기(약 10분이내) 발열이 상당히 크게 나타났으며 반응시간은 2시간 이상인 것을 알 수 있었다. 또한 실험실 내부에 온도가 높을수록 반응의 정도는 큰 것으로 나타났다.

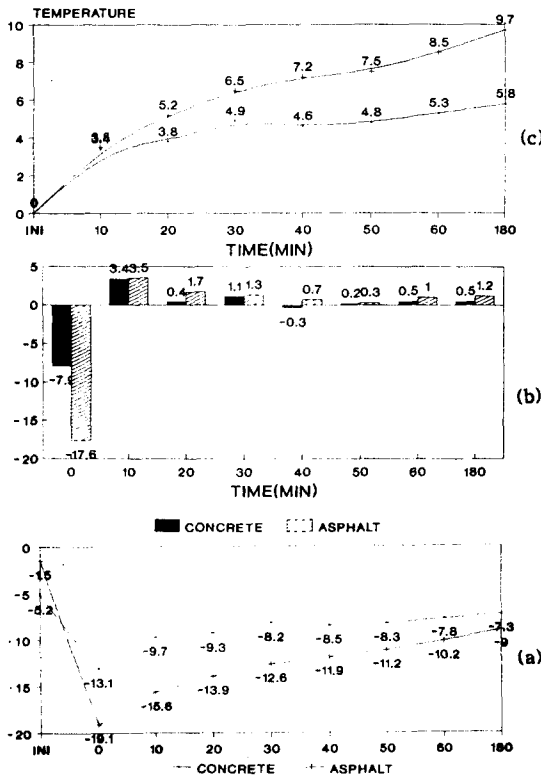


그림 2 Snow Removing Test (-12°C)

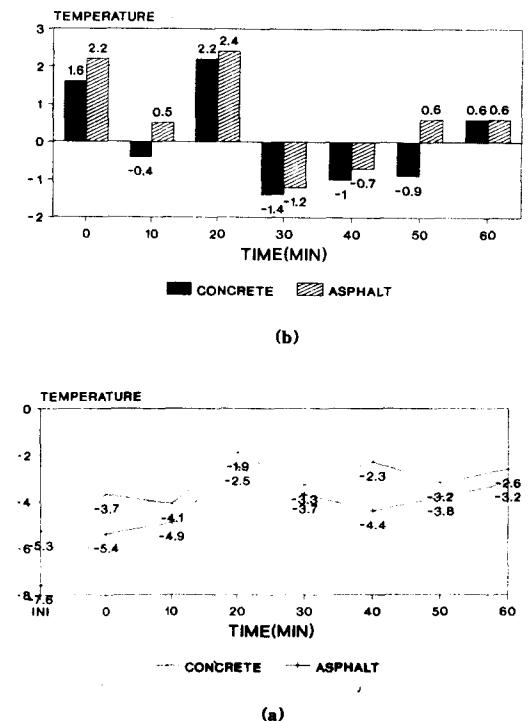


그림 3 Ice Removing Test (-3°C)

한편, 실험시간 초기에 발열이 서서히 증가하다 일정시간(30~40분)때에는 비교적 일정한 분포로 나타났으며, 2시간후에는 미비한 발열을 보이는 것으로 나타났다.

(2) 제빙시험 결과는 그림 3과 같다. 그림 3의 (a)는 단위시간마다 측정된 온도의 변화이며 (b)는 단위시간마다 온도의 증감만을 나타낸 것이다. 제빙시험 결과 아스팔트 포장과 콘크리트 포장 모두 20여분후 얼음의 피막이 형성되면서 얼기 시작하였다.

실험실 내부의 온도에 따라 얼음의 형성시간은 다소 차이가 있지만 콘크리트 포장이 좀더 빠르고, 얼음의 두께도 두껍게 형성됨을 알 수 있었다.

4. 현장 실험

4.1 실험 개요

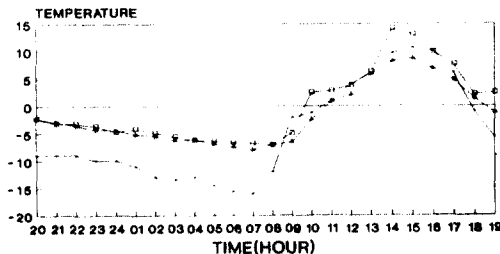
실내 실험의 결과를 바탕으로 현장(영동고속도로 상의 둔레 인근)실험을 하였다. 현장 여건과 날씨 관계로 공용중인 도로상에서 실시 하지 못하고 비공용중인 도로에서 제빙 효과만을 실시하였으며 3가지의 염화물을 이용하여 각각의 효과를 분석하였다.

4.2 실험

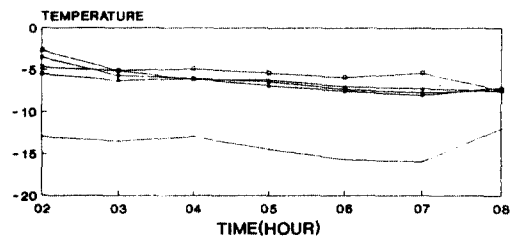
- (1) 포장체에 5mm 깊이의 구멍을 뚫어 온도센서를 묻은 후 온도의 변화를 체크하였다.
- (2) 대기온도가 소요의 온도까지 내려갔을 때인 새벽(최저온도:01~08시)에 실시 하였고 일정 양의 물을 살수 하였다.
- (3) 염화물은 CaCl_2 , $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}(6.5:3.5)$, CaCl Flaket 을 이용하였다.
- (4) 도로상의 비나 적설된 눈이 녹아 기온이 내려가면 결빙되는 과정을 일정양의 물을 살수하여 1시간 30분전에 살포된 염화물과의 반응과 반응이 끝난 후 포장체 표면에 피막의 형성 과정을 체크 하였다.

4.3 결과 및 고찰

실험 결과는 Fig. 4와 같다. 피막 및 얼음 형성 억제 등 제설 효과는 CaCl_2 가 가장 우수한 것으로 나타났으며, 대기온도와 포장체 표면 온도와의 관계는 그림 4의 (b)에 나타나듯이 아스팔트 포장은 일



(a)



(b)

그림 4 Ice Removing Test (Field)

출 후의 온도가 대기온도 이상으로 올라가며 일몰 후에는 콘크리트 포장과 거의 비슷한 거동을 보였다. 아스팔트 포장의 검은 색깔이 햇빛을 잘 흡수하여 생긴 현상으로 사료된다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

고속도로 포장체의 제설특성을 파악하기 위한 1단계 실험을 수행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 염화물의 초기 반응·발열이 크게 나타났으며, 2시간 이후에는 미비한 반응을 보였다.
- 2) 콘크리트 포장에서 피막 및 얼음 형성이 빠르게 나타났다.
- 3) 아스팔트포장이 콘크리트포장보다 온도에 민감함을 알 수 있었고 온도의 상승폭도 크게 나타났다.
- 4) 현장 실험 결과 CaCl₂의 결빙 억제 효과가 가장 우수한 것으로 나타났다.

1차년도 연구를 수행한 후 향후 연구 방향은 다음과 같다. 다양한 염화물의 시험 사용으로 CaCl₂의 대체 염화물 선정 및 염화물 살포 인근 지역의 토양 및 수질의 오염 정도를 파악하여, 각종 구조물과 환경에 가장 이상적인 염화물 및 살포 기준을 제안코자 한다.

참 고 문 헌

1. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 1387 Snow Removal and Ice Control Technology 1993
2. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 1352 Maintenance Management, Traffic Safety, and Snow Removal 1992
3. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 933 Traffic Delineation, Work-zone Protection, and Winter Maintenance 1983
4. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 860 Snow Control, Traffic Effect on New Concrete, and Corrosion 1982
5. 道路防雪便覽 - 社団法人 日本道路協會 平成2年
6. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 1157 Decing Chemicals and Snow Control 1988
7. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 860 Snow Control, Traffic Effects on new Concrete, and Corrosion 1982
8. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD NO. 776 Guidway Snow and Ice Control and Roadside Maintenance 1980
9. 道路鋪裝設計法 比較 研究 - 建設部 1988
10. 서울特別市 除雪對策 - 1995
11. 아스팔트 鋪裝 構造解析 研究 - 韓國道路公社 1992